Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.1, 2024, p. 15-27

Effects of Organic and Inorganic Zinc Supplements on Performance, Digestibility, Rumen and Blood Parameters in Fattening Lambs

Yadollah Chashnidel[1*], Radman Bakhtiari[2], Hamidreza Mardani[3]

1 and 2- Associate Professor and M.Sc. Student, Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Chemistry, Sari Branch, Payam Noor University, Iran.
*Corresponding Author's Email: ychashnidel2002@yahoo.com

Received: 23-05-2023
Revised: 21-01-2024
Accepted: 19-02-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:
Chashnidel, Y., Bakhtiari, R., & Mardani, H. (2024). Effects of organic and inorganic zinc supplements on performance, digestibility, rumen and blood parameters in fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(1), 15- 27 . (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.82355.1140

Introduction: To optimize livestock production and health, sufficient amounts of minerals are necessary in the diet. Zinc (Zn) is a trace element and an essential mineral in animal nutrition, and is found in many enzyme systems. The presence of Zn is necessary to ensure the physiological activities of several hormones. In addition, zinc plays an essential role in the metabolism of carbohydrates, proteins, lipids, and nucleic acids, and its deficiency can disrupt several vital cellular reactions. Organic sources of Zn are more biologically active than inorganic sources, and their high accessibility has led to the use of more organic Zn compounds for feeding animals. However, results comparing the bioavailability of organic and inorganic sources of zinc in ruminant nutrition differ. According to the National Research Council (2007), the recommended requirement for Zn in growing lambs is approximately 33 mg Zn/kg DM. The amount of zinc in surface soils of Iran is usually less than 0.8 mg/kg and the plants grown in these soils and used as animal feed are deficient in this element. However, a few studies have been conducted to identify the best source of zinc for growing local lambs; therefore, the present study aimed to compare the effects of supplementing 30 mg Zn/kg DM from common organic sources of zinc (zinc methionine and zinc glycine) with inorganic sources of zinc (zinc sulfate and zinc oxide) on performance, digestibility, blood and rumen parameters in crossbred Zel fattening male lambs.

Materials and Methods: This study was conducted at the research station of the Department of Animal Sciences, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. Twenty-five male lambs aged 3-4 months and with average body weight (25.5 ± 1.4 kg) were assigned to five treatments with five repetitions, as a completely randomized design for 70 days, including 2 weeks of adaptation to basal diet and 8 weeks of data collection. The experimental treatments were as follows: 1) basal diet without zinc supplement (containing 19.39 mg Zn/kg DM) as the control group, 2) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc methionine, 3) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc glycine, 4) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc oxide, and 5) basal diet + 30 mg Zn/kg DM as zinc sulfate. Dry matter intake, daily weight gain, and feed conversion ratio were determined. The acid-insoluble ash (AIA) internal indicator method was used to determine the apparent digestibility of feed nutrients. Blood samples were collected on the 70th day prior to the morning meal. To determine rumen parameters, rumen fluid was collected 3h after morning feed consumption. The chemical compositions of the experimental samples,

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.82355.1140

including (dry matter, organic matter, crude protein, ether extract, NDF, and ADF) were measured according to standard methods.

Results and Discussion: The results showed that total weight gain, daily weight gain, and feed conversion ratio were significantly improved in lambs received organic zinc supplements (zinc methionine and zinc glycine) compared to the control group (P<0.05). The apparent digestibility of organic matter in the diets supplemented with zinc methionine and zinc glycine was significantly higher than that of the other treatments (P<0.05). The digestibility of NDF and ADF in lambs receiving zinc methionine, zinc glycine and zinc oxide was improved compared to the treatment containing zinc sulfate and the control group (P<0.05). Serum glucose and zinc concentrations were significantly higher in all lambs receiving zinc supplements than the control group (P<0.05), but there was no significant difference in serum albumin, cholesterol, urea nitrogen, copper and iron concentrations between experimental treatments. Feeding zinc supplements had no effect on pH, ammonia nitrogen and the concentration of volatile fatty acids in the rumen fluid.

Conclusion: The results of this study show that the addition of 30 mg Zn/kg DM from organic zinc supplements (zinc glycine and zinc methionine) and inorganic zinc supplements (zinc sulfate and zinc oxide) meets the needs of growing lambs fed a basal diet containing 19.39 mg Zn/kg DM. The use of zinc supplements in the diet of fattening lambs improved growth performance, serum zinc and glucose concentrations, and crude fiber digestibility. There were no differences among the treatments supplemented with organic sources of zinc.

Key words: Digestibility, Growth performance, Lamb, Volatile fatty acid, Zinc supplementation

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۲۷-۱۵

تأثیر منابع مختلف مکمل روی بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای بره های پرواری

یداله چاشنی دل[1*]، رادمان بختیاری[2]، حمید رضا مردانی[3]

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۱۱/۳۰

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات منابع مختلف مکمل‌های آلی و معدنی روی در بره‌های پرواری نژاد آمیخته زل، آزمایشی با استفاده از تعداد ۲۵ رأس بره نر با سن ۴-۳ ماه و میانگین وزن بدن (۱/۴ ± ۲۵/۵ کیلوگرم) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار به‌مدت ۷۰ روز انجام شد. تیمارها شامل: ۱- جیره مصرفی پایه بدون مکمل روی (حاوی ۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) ۲- جیره پایه + ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌شکل روی متیونین ۳- جیره پایه + ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌شکل روی گلایسین ۴- جیره پایه + ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌شکل اکسید روی ۵- جیره پایه + ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌شکل سولفات روی بود. میزان ماده خشک مصرفی روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک تعیین گردید. برای تعیین قابلیت هضم ظاهری، از روش اندازه‌گیری خاکستر نامحلول در اسید استفاده شد. خون‌گیری و اخذ مایع شکمبه در روز ۷۰ آزمایش انجام گردید. نتایج نشان داد که افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی مکمل-های آلی روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. قابلیت هضم ظاهری ماده آلی در تیمارهای مکمل‌شده با روی آلی و قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در بره‌های دریافت‌کننده مکمل‌های آلی روی و اکسید روی نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. غلظت گلوکز و روی سرم در تمامی بره‌های مصرف‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت، افزودن ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به جیره پایه (حاوی ۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) از منابع آلی مکمل روی در مقایسه با منابع معدنی روی، تأثیر بهتری بر عملکرد رشد بره‌های پرواری دارد. همچنین استفاده از هر دو منبع آلی و معدنی روی، سبب افزایش غلظت گلوکز سرم خون شد.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب فرار، بره، عملکرد رشد، قابلیت هضم، مکمل روی.

مقدمه

یکی از راه‌های بهبود سلامت دام و تولیدات دامی، استفاده از عوامل بهبوددهنده متابولیکی مانند مواد معدنی است (Mousaie, 2019). عنصر روی (Zn) یکی از مهم‌ترین عناصر کم‌مصرف بوده که عملکرد بهینه بسیاری از فرآیندهای زیستی مانند فعالیت آنزیم‌ها و هورمون‌ها، پایداری غشاهای سلولی، بیان ژن، تقسیم سلولی و دفاع آنتی‌اکسیدانی، وابسته به عنصر روی می‌باشد (Alimohamady *et al.*, 2019; Soufi *et al.*, 2022). این عنصر تاکنون به‌عنوان ترکیب کلیدی در بیش از ۲۰۰۰ فاکتور رونویسی و ۳۰۰ متالوآنزیم شناخته شده است که به‌منظور انجام مطلوب واکنش‌های متابولیکی، عنصر ضروری مورد نیاز نشخوارکننده و ریزجانداران شکمبه است (Ianni *et al.*, 2019; Suttle, 2010). روی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و از سوی دیگر، در ساخت و اعمال اسیدهای نوکلئیک نقش دارد، بنابراین کمبود روی در جیره غذایی می‌تواند منجر به اختلال در رشد، تولید مثل و عملکرد ایمنی با

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳- استادیار گروه شیمی، دانشگاه پیام نور واحد ساری، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: ychashnidel2002@yahoo.com)
http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.82355.1140

افزایش حساسیت به عفونت، مشکلات اسکلتی و پوست، افزایش بیماری و تلفات و همچنین تنش اکسیداتیو در حیوانات در حال رشد شود (Mir *et al.*, 2020). به‌دنبال کمبود روی، سطوح ویتامین A، E در پلاسما و کبد کاهش می‌یابد که نقش مهم و حیاتی روی را در جذب چربی‌ها نشان می‌دهد (Nishito and Kambe, 2019). اگرچه نیاز روی برای بره‌ها و گوساله‌های در حال رشد با ۳۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در یک جیره کامل توصیه می‌شود، نشخوارکنندگان جوان به روی اضافی برای حمایت از تجمع پروتئین بدن در طول دوره‌های رشد سریع نیاز دارند (NRC, 2007). برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که خاک‌های ایران دارای کمبود ماده معدنی روی هستند و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد کرده و به‌عنوان خوراک دام مصرف می‌شوند، با کمبود این عنصر مواجه می‌باشند (Rezazadeh *et al.*, 2012) که لزوم استفاده از مکمل روی در جیره دام‌های بسیاری از مناطق ایران را نشان می‌دهد. از آن‌جایی که نرخ جذب روی در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان پایین بوده و به‌طور ضعیفی در بافت‌های بدن ذخیر می‌شود، لذا می‌بایست به‌صورت روزانه در جیره غذایی دام برای حفظ عملکردهای طبیعی و فیزیولوژی لحاظ گردد (Swain *et al.*, 2016). زیست فراهمی مواد معدنی به عوامل بسیاری مانند ترکیبات خوراک، مقدار و شکل شیمیایی مواد معدنی و اثرات آنتاگونیستی با سایر مواد معدنی بستگی دارد (Celi *et al.*, 2019). با این حال، منابع آلی روی نسبت به منابع معدنی روی از نظر بیولوژیکی فعال‌تر بوده و قابلیت دسترسی بالای آن‌ها موجب شده که از ترکیبات آلی روی بیشتر برای تغذیه حیوانات استفاده شود (Zhao *et al.*, 2014). به‌دنبال مصرف مکمل روی، بهبود عملکرد رشد، سلامت و تولید مثل، وضعیت مواد معدنی، آنتی‌اکسیدانی و ایمنی (Carmichael-Wyatt *et* Angeles-Hernandez *et al.*, 2021; *al.*, 2020) و همچنین افزایش تولید زیست توده میکروبی و کاهش انتشار گاز متان (Abdelnour *et al.*, 2021) در نشخوارکنندگان گزارش شده است. علاوه‌بر موارد ذکر شده، نتایج متفاوتی از مکمل کردن منابع مختلف عنصر روی بر شاخص‌های عملکرد رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، غلظت روی خون و اثر متقابل آن با سایر عناصر و وضعیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین فراسنجه‌های شکمبه‌ای در بره‌های پرواری بومی به‌دست آمده است (NooriyanSoroor *et al.*, 2019; Dehghan *et al.*, 2018; Mallaki *et al.*, 2015; Aliarabi *et al.*, 2015). با این حال، مطالعات کمی در خصوص شناسایی بهترین منبع روی برای بره‌های بومی نژاد آمیخته زل صورت گرفته است، بنابراین تحقیق حاضر با هدف مقایسه اثر مکمل نمودن مقدار ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم از منابع آلی متداول این عنصر (روی متیونین و روی گلایسین) با منابع معدنی (سولفات روی و اکسید روی) بر عملکرد، قابلیت هضم، فراسنجه‌های خونی و شکمبه‌ای در بره‌های نر پرواری نژاد آمیخته زل به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات دامپروری گروه علوم دامی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در پاییز سال ۱۴۰۱ انجام شد. بدین منظور، از تعداد ۲۵ رأس بره نر نژاد آمیخته زل با سن سه الی چهار ماه و میانگین وزن بدن (۱/۴ ± ۲۵/۵ کیلوگرم) به‌مدت ۷۰ روز (۱۴ روز عادت‌پذیری و ۵۶ روز آزمایش) استفاده شد. بره‌ها با شروع دوره اصلی توزین شده تا وزن اولیه آن‌ها به‌دست آید. سپس به‌طور تصادفی به پنج تیمار (هر تیمار شامل پنج بره) در قفس‌های انفرادی تقسیم‌بندی شدند. تیمارها شامل: ۱- جیره پایه بدون مکمل روی (حاوی ۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌عنوان گروه شاهد؛ ۲- جیره شاهد به‌علاوه ۳۰ میلی‌گرم روی به‌ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌شکل روی متیونین؛ ۳- جیره شاهد به علاوه ۳۰ میلی‌گرم روی به‌ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌شکل روی گلایسین؛ ۴- جیره شاهد به‌علاوه ۳۰ میلی‌گرم روی به ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌شکل اکسید روی و ۵- جیره شاهد به‌علاوه ۳۰ میلی‌گرم روی به‌ازاء هر کیلوگرم ماده خشک خوراک به‌شکل روی سولفات بود. همچنین جهت اندازه‌گیری غلظت روی در کل جیره پایه از دستگاه جذب اتمی (مدل Fx210، ساخت شرکت Rayleigh، چین) استفاده شد. جیره بره‌های پرواری در این پژوهش با نرم‌افزار SRNS تنظیم شد و اقلام خوراکی مورد استفاده به‌صورت جیره کاملاً مخلوط (TMR) حاوی علوفه و کنسانتره به نسبت ۷۰:۳۰ در اختیار حیوانات مورد آزمایش قرار گرفت. ترکیبات جیره غذایی در جدول ۱ نمایش داده شده است.

اندازه‌گیری عملکرد رشد:

روزانه مقدار مشخصی خوراک طبق نیاز بره‌های پرواری توزین شد (۱۰ درصد بیشتر از مقدار اشتهای دام‌ها در روز قبل) و در دو نوبت، هشت صبح و ۱۷ عصر در اختیار بره‌ها قرار گرفت. همچنین قبل از خوراک‌دهی، مقدار باقی‌مانده خوراک روز قبل توزین و از مجموع خوراک روز قبل کسر شد، تا مقدار مصرف خوراک هر یک از بره‌های آزمایشی در هر روز به‌دست آید. وزن‌کشی در ساعت مشخص و قبل از مصرف خوراک (با اعمال ۱۲ تا ۱۴ ساعت محرومیت از مصرف خوراک) هر دو هفته یک‌بار به‌وسیله باسکول دیجیتال (مدل SV7000، ساخت ایران) انجام شد. ضریب تبدیل غذایی در دوره‌های مختلف آزمایش از تقسیم میانگین مقدار خوراک مصرفی به میانگین افزایش وزن زنده بره‌های هر تیمار محاسبه شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری خوراک:

برای تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک، از روش

نشانگر داخلی خاکستر نامحلول در اسید (AIA) استفاده شد (Van Keulen and Young, 1977). نمونه‌گیری از مدفوع و باقیمانده‌های خوراک مربوط به دام‌های آزمایشی هر تیمار در پنج روز پایانی آزمایش به‌منظور تعیین خاکستر نامحلول در اسید و میزان ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام و چربی خام بر اساس روش‌های AOAC (AOAC, 2002) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF[1]) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF[2]) به‌روش ون-سوست و همکاران (Van Soest *et al*., 1991) انجام شد. پس از تعیین خاکستر نامحلول در اسید نمونه‌های خوراک و مدفوع، قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی بر حسب درصد، با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

معادله (۱)

$$D = 100 - \{100 \times (\frac{\text{AIA feed}}{\text{AIA fecal}} \times \frac{\text{N fecal}}{\text{N feed}})\}$$

اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی:

خون‌گیری از بره‌های آزمایشی در روز ۷۰ آزمایش، قبل از مصرف خوراک با اعمال ۱۲ ساعت محرومیت از مصرف خوراک انجام شد. خون‌گیری با استفاده از سرنگ‌های پنج میلی‌لیتری قبل از مصرف وعده خوراک صبح از سیاهرگ وداج انجام گردید و با رعایت اصول سرد نگه داشتن به‌سرعت به آزمایشگاه ارسال شد. نمونه‌های خون جمع‌آوری شده، به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده (۳۰۰۰ دور بر دقیقه) و سرم آن‌ها جدا گردید. نمونه‌ها تا زمان اندازه‌گیری فاکتورهای خونی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت گلوکز، آلبومین، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای سرم خون توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Alcyon 300، آمریکا) و به‌وسیله کیت-های اختصاصی شرکت پارس آزمون اندازه‌گیری شدند. غلظت عناصر معدنی روی، مس و آهن سرم توسط دستگاه جذب اتمی (مدل SpectrAA220 FS، ساخت کمپانی Varian استرالیا) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های شکمبه‌ای:

در هفته آخر آزمایش، مایع شکمبه سه ساعت پس از مصرف خوراک صبحگاهی با استفاده از سوند مری و پمپ خلاء جمع‌آوری شد. اندازه‌گیری pH مایع شکمبه، بعد از صاف کردن مایع با پارچه چهار لایه، بلافاصله با کمک دستگاه pH متر دیجیتال (مدل ۸۲۷ مترون) انجام شد. در این آزمایش، پس از صاف کردن مایع شکمبه به‌میزان پنج میلی‌لیتر از هر نمونه، مستقیم در دستگاه تقطیر کلدال قرار داده شد. به‌وسیله محلول ۰/۲ مولار بورات سدیم (۱۲/۴ گرم اسید بوریک و چهار گرم سود سوزآور با آب مقطر به‌حجم یک لیتر برسد) که به‌جای اسید بوریک دو درصد استفاده می‌شود، تقطیر شده و پس از تیتراسیون محلول جمع‌آوری شده، میزان نیتروژن آمونیاکی نمونه‌ها با استفاده از روش AOAC (AOAC, 2002) محاسبه شد. اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه (استیک، پروپیونیک، بوتیریک، والریک و ایزووالریک) به‌روش اوتنستین و بارتلی (Ottenstein and Bartley, 1971) با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی (GC-2014-Shimadzu، ساخت ژاپن) انجام شد.

طرح آماری:

این آزمایش با استفاده از تعداد ۲۵ رأس بره نر پرواری (پنج تیمار و پنج تکرار)، در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطای ۰/۰۵ انجام و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و بر اساس مدل زیر تجزیه‌وتحلیل شد:

معادله (۲) $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$

که در آن، Y_{ij}: مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ: اثر میانگین، T_i: اثر تیمار i ام و e_{ij}: اثر خطای آزمایش مربوط به تیمار i ام در تکرار j ام است.

نتایج و بحث

عملکرد رشد:

نتایج مربوط به عملکرد رشد بره‌ها در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. علی‌رغم بهبود افزایش وزن کل در همه تیمارهای مکمل شده با روی، تنها افزایش وزن کل در گروه‌های دریافت‌کننده روی متیونین و روی گلایسین نسبت به گروه شاهد روند معنی‌داری داشت (P=۰/۰۲۱۳)، که در نتیجه آن، افزایش وزن روزانه در این دو تیمار نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P=۰/۰۲۰۸). با وجود عدم تفاوت معنی‌دار در مقدار ماده خشک مصرفی در بین تیمارهای آزمایشی، ضریب تبدیل غذایی در بره‌های مصرف‌کننده مکمل‌های روی متیونین و روی گلایسین نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت (P=۰/۰۴۳۰).

بر اساس توصیه جداول انجمن ملی تحقیقات (NRC, 2007) مقدار روی لازم بره‌های در حال رشد بین ۲۸ تا ۴۹ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک خوراک است. در این مطالعه، غلظت روی جیره پایه، ۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک جیره بود.

1- Neutral Detergent Fiber
2- Acid Detergent Fiber

جدول ۱– مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی جیره آزمایشی (بر حسب درصد ماده خشک جیره یا واحد بیان شده)

Table 1- Ingredients and chemical compounds of experimental diet (% DM or as stated)

اجزاء و ترکیبات شیمیایی جیره Ingredients and chemical composition	مقدار (درصد) Amount (%)
یونجه Alfalfa hay	20
کاه گندم Wheat straw	10
دانه جو Barley grain	21
سبوس گندم Wheat bran	17.15
دانه ذرت Corn grain	14.5
کنجاله سویا Soybean meal	10.5
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	2.5
بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate	1
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1
بنتونیت Bentonite	1
پرمیکس دامی[۱] Livestock premix[1]	0.75
نمک طعام Common salt	0.5
توکسین بایندر Toxin binder	0.1
ماده خشک Dry matter	93.10
ماده آلی Organic matter	91.66
پروتئین خام Crude protein	13.38
عصاره اتری Ether extract	5.89
خاکستر Ash	8.34
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	37.62
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	25.84
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) Zn (mg/kg DM)	19.39

[۱] هر کیلوگرم از مکمل شامل : ۵۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3 و ۱/۰ گرم ویتامین E. هر کیلوگرم از مکمل شامل: ۱۸۰ گرم کلسیم، ۹۰ گرم فسفر، ۲۰ گرم منیزیم، ۶۰ گرم سدیم، دو گرم منگنز، سه گرم آهن، ۰/۳ گرم مس، سه گرم روی، ۱/۰ گرم کبالت، ۱/۰ گرم سلنیوم، ۱/۰ گرم ید، سه گرم آنتی‌اکسیدانت

[1] Every kg of supplement contained 500000 IU vitamin A, 100000 IU vitamin D_3, 1.0 IU vitamin E, every kg of supplement contained 180 g Ca, 90 g P, 20 g Mn, 60 g Na, 2 g Mg, 3 g Fe, 0.3 g Cu, 3 g Zn, 1.0 Co, 1.0 Se, 1.0 g I, 3 g Antioxidant

این مقدار از میزان توصیه شده کمتر بوده و احتمالاً بر عملکرد رشد حیوان تأثیر منفی داشته است. افزایش عملکرد با استفاده از مکمل روی می‌تواند ناشی از تأمین مقادیر کافی این عنصر برای بره‌های پرواری باشد. همچنین بهبود عملکرد بره‌هایی که مکمل آلی

روی دریافت کردند، احتمالاً ناشی از افزایش زیست‌فراهمی آن است (Mandal *et al*., 2007) که مطابق با نتایج ملاکی و همکاران (Mallaki *et al*., 2015) بود. با توجه به اینکه تغییرات مصرف خوراک می‌تواند تابعی از تغییرات در فعالیت میکروبی شکمبه و میزان اسیدیته آن باشد (McDonald *et al*., 2010)، عدم تغییر در فراسنجه‌های شکمبه‌ای در پژوهش حاضر، می‌تواند یکی از عوامل مؤثر بر حفظ مصرف خوراک بره‌ها در سطح مناسب باشد. در تطابق با نتایج این تحقیق، در پژوهشی با استفاده از ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۱۹/۷۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلایسینات و روی سولفات در بره‌های نر مهربان، صفات عملکرد رشد در هر چهار گروه از بره‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود پیدا کرد، در حالی‌که وزن نهایی تنها در گروه‌های دریافت‌کننده روی متیونین و روی پروتئینات نسبت به گروه شاهد روند معنی‌داری داشت (Alimohamady *et al*., 2019). همچنین گزارش شد که با افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت سولفات روی و سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت روی پروتئینات به جیره پایه حاوی ۲۲/۴۷ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بره‌های نر مهربان، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل غذایی در تمامی تیمارهای مکمل شده با روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت، امّا بر مقدار مصرف خوراک روزانه تأثیری نداشت (Aliarabi *et al*., 2015).

برخلاف نتایج این تحقیق، در پژوهشی بر روی بره‌های نر سنجابی با استفاده از ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۴/۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت سولفات روی، روی پلی‌ساکارید و نانو اکسید روی، تفاوتی در شاخص‌های عملکرد رشد بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (Soufi *et al*., 2022). همچنین، در پژوهشی با افزودن مکمل‌های سولفات روی، روی گلایسین و روی پروتئینات (جیره پایه حاوی ۲۹/۶ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به جیره بره‌های پرواری (به‌صورتی که جیره‌های آزمایشی مکمل شده با روی در مجموع حاوی ۸۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم بودند)، تأثیری بر عملکرد رشد بره‌های آزمایشی گزارش نکردند (Gresakova *et al*., 2021). عوامل مختلفی مانند نوع مکمل روی، مرحله رشد دام، غلظت روی جیره پایه و شرایط محیطی سبب تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف در رابطه با تأثیر مکمل‌های روی بر عملکرد رشد شده است.

جدول ۲- تأثیر مکمل‌های روی بر عملکرد بره‌ها در تیمارهای مختلف[۱]

Table 2- Effects of zinc supplements on performance of lambs in different treatments[1]

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی[۲] Experimental treatments[2] تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5	خطای استاندارد میانگین SEM[3]	اثرات معنی‌داری P value
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial body weight (kg)	25.66	25.00	25.33	25.83	25.66	0.633	0.9933
وزن نهایی (کیلوگرم) Final body weight (kg)	38.33	39.50	40.00	39.66	38.66	0.496	0.8039
افزایش وزن کل (کیلوگرم) Total weight gain (kg)	12.66[b]	14.50[a]	14.66[a]	13.83[ab]	13.00[b]	0.182	0.0213
افزایش وزن روزانه (گرم) Daily weight gain (g)	180[b]	207[a]	209[a]	197[ab]	185[b]	0.002	0.0208
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم) Daily feed intake (kg)	1.262	1.272	1.276	1.266	1.260	0.003	0.5175
ضریب تبدیل غذایی Feed conversion ratio	7.00[a]	6.14[b]	6.12[b]	6.42[ab]	6.81[ab]	0.092	0.0430

[۱] میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$).

[۲] تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلایسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

[۳] SEM: خطای استاندارد میانگین.

[1] The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences ($P<0.05$).

[2] Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

[3] SEM: Standard error of the mean.

قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی:

یافته‌های مربوط به تأثیر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی خوراک در جدول ۳ نشان داده شده است. قابلیت هضم ظاهری ماده آلی در تیمارهای مکمل شده با روی متیونین و روی گلایسین نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P =۰/۰۴۰۶). در بره‌های دریافت‌کننده روی آلی و اکسید روی، قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی (P =۰/۰۰۴۱) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (P =۰/۰۰۵۰) نسبت به تیمار حاوی سولفات روی و گروه شاهد به معنی‌داری بهبود یافت. تفاوت معنی‌داری در قابلیت هضم ماده خشک، عصاره اتری و پروتئین خام در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

در پژوهش حاضر، استفاده از مکمل‌های روی (به‌خصوص منابع آلی روی) سبب افزایش قابلیت هضم ظاهری الیاف نامحلول در شوینده خنثی شد. دلیل این افزایش قابلیت هضم می‌تواند عدم تأمین نیاز جمعیت میکروبی شکمبه توسط مقدار روی موجود در جیره پایه باشد (Mallaki *et al.*, 2015). عوامل متعددی مانند ویژگی‌های شیمیایی منابع آلی و معدنی روی، غلظت روی جیره پایه، نوع جیره (نسبت علوفه به کنسانتره) و عوامل مؤثر بر حلالیت و پایداری روی در دستگاه گوارش، می‌تواند باعث ایجاد تفاوت در نتایج پژوهش‌های مختلف شود. همسو با نتایج این تحقیق، در پژوهشی با افزودن ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۱۹/۷۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت روی متیونین، روی پروتئینات، روی گلایسینات و سولفات روی در بره‌های نر مهربان، مصرف مکمل روی متیونین و روی پروتئینات باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین خام و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در مقایسه با گروه‌های مکمل سولفات روی و گروه شاهد شد و منابع آلی روی، قابلیت هضم ماده آلی را در مقایسه با مکمل غیرآلی و شاهد بهبود بخشید (Alimohamady *et al.*, 2019). همچنین با استفاده از سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین در بره‌های نر کرمانی، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، ماده آلی و الیاف نامحلول در شوینده خنثی در بره‌های تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ میلی‌گرم مکمل روی بیشتر از بره‌های گروه شاهد بود (Dehghan *et al.*, 2018). ملاکی و همکاران (Mallaki *et al.*, 2015) با استفاده از ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه ۲۲/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی پپتید و سولفات روی در بره‌های نر زندی، مشاهده کردند که تیمار مکمل شده با روی پپتید سبب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم الیاف نامحلول در شوینده خنثی و پروتئین خام نسبت به سایر تیمارها شد.

برخلاف نتایج این تحقیق، در آزمایشاتی با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک از مکمل روی متیونین و سولفات روی به جیره پایه حاوی ۲۲/۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بزهای نژاد کشمیر (Jia *et al.*, 2009) و مکمل نمودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم از دو منبع روی متیونین و اکسید روی به جیره پایه حاوی ۳۴ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بره‌های نر پرواری (Garg *et al.*, 2008)، تنها قابلیت هضم سلولز و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گروه روی متیونین نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. آن‌ها نتیجه گرفتند که مکمل آلی روی نقش مثبتی بر هضم الیاف در شکمبه دارد. همچنین، در پژوهشی بر روی گوساله‌های نر، با افزودن ۳۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت روی پروپیونات و سولفات روی به جیره پایه حاوی ۳۲/۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک، قابلیت هضم مواد مغذی خوراک بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، که دلیل آن را کافی بودن مقدار روی جیره پایه برای ریزجانداران شکمبه پیشنهاد کردند (Mandal *et al.*, 2007).

فراسنجه‌های خونی:

نتایج مربوط به تأثیر تیمارها بر فراسنجه‌های خونی و غلظت عناصر معدنی سرم در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که غلظت گلوکز سرم در گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P =۰/۰۳۵۷). همچنین غلظت روی سرم در تمامی بره‌های مصرف‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (P =۰/۰۰۲۰)، امّا در بین تیمارهای دریافت‌کننده مکمل روی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. تفاوت معنی‌داری در غلظت آلبومین، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای، مس و آهن سرم بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت.

همسو با نتایج این تحقیق، در پژوهشی استفاده از ۰/۱۲ درصد از مکمل روی متیونین سبب افزایش غلظت گلوکز خون در بزها شد (Pi *et al.*, 2005). با توجه به اینکه غلظت گلوکز خون در دام‌های نشخوارکننده بیشتر تحت تأثیر مقدار پروپیونات مایع شکمبه قرار می‌گیرد (McDonald *et al.*, 2010)، بنابراین عوامل مختلفی مانند نوع جیره و حیوان آزمایشی، منبع و مقدار مکمل روی که می‌توانند بر تولید پروپیونات شکمبه اثر بگذارند (Spears *et al.*, 2004)، قادر به تغییر در غلظت گلوکز خون می‌باشند.

جدول ۳- تأثیر مکمل‌های روی بر قابلیت هضم مواد مغذی خوراک در تیمارهای مختلف[۱]

Table 3- Effects of zinc supplements on the digestibility of feed nutrients in different treatments[1]

صفت (درصد) Parameter (%)	تیمارهای آزمایشی[۲] Experimental treatments[2]					خطای استاندارد میانگین SEM[3]	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
ماده خشک Dry matter	70.54	71.17	71.47	70.64	70.35	0.319	0.7822
ماده آلی Organic matter	72.85^{b}	75.10^{a}	75.22^{a}	73.68^{ab}	72.22^{b}	0.247	0.0406
عصاره اتری Ether extract	53.24	55.88	55.63	55.09	53.37	0.920	0.8213
پروتئین خام Crude protein	68.01	69.64	69.19	69.11	68.65	0.219	0.3101
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	50.13^{b}	53.02^{a}	52.99^{a}	52.29^{a}	51.14^{b}	0.136	0.0041
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	41.23^{b}	43.52^{a}	43.29^{a}	42.84^{a}	41.19^{b}	0.127	0.0050

[۱] میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۲] تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلایسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

[۳] SEM: خطای استاندارد میانگین.

[1] The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences (P<0.05).

[2] Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

[3] SEM: Standard error of the mean.

با وجود عدم تفاوت معنی‌دار، از لحاظ عددی غلظت اسید پروپیونیک در تمامی تیمارهای مکمل شده با روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت که می‌توان افزایش غلظت گلوکز خون در بره‌های دریافت‌کننده مکمل‌های روی در پژوهش حاضر را به آن نسبت داد. در پژوهشی با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۲۴/۵۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت سولفات روی و روی پلی‌ساکارید و نانو اکسید روی در جیره بره‌های نر سنجابی، سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی پلاسما نسبت به گروه شاهد شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر غلظت مس و آهن پلاسما خون نداشت (Soufi *et al.*, 2022). موسائی (Mousaie, 2019) با افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به جیره پایه حاوی ۴۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک به‌صورت روی متیونین و سولفات روی در بره‌های نر کرمانی و علی‌عربی و همکاران (Aliarabi *et al.*, 2015) با افزودن ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت سولفات روی و سطوح ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم به‌صورت روی پروتئینات به جیره پایه حاوی ۲۲/۴۷ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در بره‌های نر مهربان، گزارش کردند که غلظت روی سرم خون در گروه‌های تغذیه‌شده با مکمل‌های روی به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود، امّا غلظت گلوکز، پروتئین تام، آهن و مس سرم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت.

برخلاف نتایج این تحقیق، در پژوهشی با استفاده از ۴۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۳ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین و سولفات روی در بره‌های نر سنجابی، گزارش کردند که غلظت عنصر روی و مس تحت تأثیر مکمل‌های روی قرار نگرفت (Nooriyansoroor *et al.*, 2019). ملاکی و همکاران (Mallaki *et al.*, 2015) با استفاده از ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۲۲/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی پپتید و سولفات روی در بره‌های نر زندی، مشاهده کردند که از غلظت آهن در خون بره‌های دریافت‌کننده مکمل روی نسبت به گروه شاهد کاسته شد. همچنین، در آزمایشی با استفاده از سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین (Dehghan *et al.*, 2018)، مشخص شد که تغذیه مکمل‌های روی تأثیری بر فراسنجه‌های خونی بره‌ها نداشت.

فراسنجه‌های شکمبه‌ای:

نتایج مربوط به تأثیر تیمارها بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای بره‌های مورد بررسی در این آزمایش در جدول (۵) ارائه شده است. تغذیه مکمل‌های روی تأثیری بر pH، نیتروژن آمونیاکی و غلظت اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه نداشت (P>۰/۰۵). با وجود عدم تفاوت آماری معنی‌دار، در تمامی گروه‌های مکمل شده با روی، pH نسبت به گروه شاهد افزایش و نیتروژن آمونیاکی نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا

کرد. همچنین، غلظت کل اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه در تیمار-های حاوی روی متیونین و اکسید روی نسبت به سایر تیمارها پایین‌تر بود.

مطالعات اندکی در ارتباط با اثر منابع مختلف روی بر pH، غلظت نیتروژن آمونیاکی و اسیدهای چرب فرار مایع شکمبه بره‌های پرواری صورت گرفته است. عوامل مختلفی مانند نسبت علوفه بـه کنسانتره، غلظت اسید لاکتیک، اسیدهای چـرب فـرار و آمونیـاک و همچنـین ظرفیت بافری شکمبه بر pH مایع شکمبه اثر دارند (McDonald et al., 2010).

جدول ٤- تأثیر مکمل‌های روی بر فراسنجه‌ها و پروفایل مواد معدنی سرم خون در تیمارهای مختلف[۱]

Table 4- Effects of zinc supplements on metabolites and mineral profiles of blood serum in different treatments[1]

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی[۲] Experimental treatments[2]					خطای استاندارد میانگین SEM[3]	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
گلوکز (میلی‌گرم/دسی لیتر) Glucose (mg/dl)	57.50^{b}	62.50^{a}	64.00^{a}	61.50^{a}	62.00^{a}	0.435	0.0357
آلبومین (گرم/دسی لیتر) Albumin (g/dl)	3.60	3.90	3.95	3.90	3.85	0.073	0.6174
کلسترول (میلی‌گرم/دسی لیتر) Cholesterol (mg/dl)	55.50	56.50	54.00	55.00	56.00	0.678	0.8009
اوره (میلی‌گرم/دسی لیتر) Urea (mg/dl)	47.00	47.50	46.00	45.00	45.50	0.761	0.8212
روی (میکروگرم/دسی لیتر) Zn (micg/dl)	117.0^{b}	137.0^{a}	136.0^{a}	132.0^{a}	133.0^{a}	0.748	0.0020
مس (میکروگرم/دسی لیتر) Cu (micg/dl)	111.5	116.0	112.0	114.0	114.5	0.583	0.2307
آهن (میکروگرم/دسی لیتر) Fe (micg/dl)	172.5	169.0	168.5	172.0	170.0	0.547	0.2160

[۱] میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۲] تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلایسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

[۳] SEM: خطای استاندارد میانگین.

[1] The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences (P<0.05).

[2] Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

[3] SEM: Standard error of the mean.

در پژوهشی با اسـتفاده از سـطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلـی‌گـرم روی در کیلوگرم (جیره پایه حاوی ۳۱ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) به‌صورت روی متیونین در بره‌های نر کرمانی، گزارش کردند که تغذیه مکمـل روی متیـونین تفـاوت معنـی‌داری در مقـدار pH و نیتـروژن آمونیاکی مایع شکمبه بین تیمارهای آزمایشی ایجاد نکرد، ولی باعـث افزایش pH و کاهش نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نسبت به گـروه شاهد شد (Dehghan et al., 2018). اسپیرز و همکاران (Spears et al., 2004) با افزودن ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلـوگرم بـه جیـره پایـه حاوی ۱۸/۸ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشـک بـه‌صـورت روی متیـونین، روی گلایسـین و سـولفات روی در گوسـاله‌هـای پـرواری، مشاهده کردند غلظت کل اسیدهای چرب فرار در تیمارهای دریافـت-کننده مکمل آلی روی نسبت به تیمـار حـاوی سـولفات روی و گـروه شاهد کـاهش یافـت. مقـدار مـولی پروپیونـات در تیمـار حـاوی روی متیونین نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود که موجـب کـاهش نسـبت استات به پروپیونات شد. همچنین تیمار حـاوی روی متیـونین نسـبت مولی بوتیرات و والریک کمتری نسبت به گروه شاهد داشت. وانـگ و همکـاران (Wang et al., 2013) در پژوهشـی گـزارش کردنـد کـه سطح مکمل روی (۱۰ و ۲۰ میکروگرم در میلی‌لیتر مـایع شـکمبه) و منبع آن (سولفات روی و روی اسیدآمینه یا روی پروتئینـات) در جیـره پایه حاوی ۳۷/۶ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک در گـاوهـای شیری، تأثیر معنی‌داری بر مقدار pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه نداشت. همچنین، در تمامی تیمارهای حاوی مکمـل‌هـای آلـی روی، غلظت کل اسـیدهـای چـرب فـرار در سـطح ۱۰ میکروگـرم روی در میلی‌لیتر مایع شکمبه، نسبت به تیمـار حـاوی سـولفات روی و گـروه شاهد به‌طوری معنی‌داری افزایش یافت. همچنین در پژوهشی دیگـر، با اسـتفاده از سـطوح ۲۵۰ و ۴۷۰ قسـمت در میلیـون روی در جیـره گاوهای گوشـتی مشـاهده کردنـد کـه در دو سـاعت بعـد از مصـرف خوراک، pH و آمونیاک شکمبه‌ای کاهش یافت، در حالی‌کـه در پـنج

ساعت بعد از مصرف خوراک، pH مایع شکمبه در گروه‌های دریافت‌کننده روی نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. این محققین عنوان کردند که روی اضافه شده موجب تأخیر در آزادسازی آمونیاک از اوره در شکمبه می‌شود. همچنین با افزودن مکمل روی، نسبت مولی پروپیونات افزایش یافت که باعث کاهش نسبت استات به پروپیونات شد (Arelovich *et al.*, 2000). با توجه به اینکه غلظت نیتروژن آمونیاکی با افزایش تجزیه پروتئین‌ها در شکمبه و یا کاهش استفاده از آن توسط باکتری‌ها جهت ساخت پروتئین میکروبی، افزایش می‌یابد، عدم تغییر در غلظت نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در پژوهش حاضر می‌تواند بیانگر توازن بین نیتروژن آمونیاکی تولید شده از تجزیه پروتئین‌ها با ساخت پروتئین میکروبی و جذب آمونیاک توسط شکمبه باشد (Wang *et al.*, 2013).

جدول ۵- اثر مکمل‌های روی بر اسیدهای چرب فرار، pH و نیتروژن آمونیاکی مایع شکمبه در تیمارهای مختلف[۱]

Table 5- Effects of zinc supplements on VFA, pH and ammonia nitrogen in different treatments[1]

صفت Parameter	تیمارهای آزمایشی[۲] Experimental treatments[2]					خطای استاندارد میانگین SEM[3]	اثرات معنی‌داری P value
	تیمار ۱ Treatment 1	تیمار ۲ Treatment 2	تیمار ۳ Treatment 3	تیمار ۴ Treatment 4	تیمار ۵ Treatment 5		
اسید استیک Acetic acid (ppm)	52.95	48.57	49.53	46.95	48.04	0.869	0.3576
اسید پروپیونیک Propionic acid (ppm)	88.81	92.50	95.70	97.35	93.36	7.300	0.9959
اسید بوتیریک Butyric acid (ppm)	313.93	284.55	316.39	275.70	313.51	16.30	0.8813
اسید والریک Valeric (ppm)	99.93	98.48	95.70	106.35	95.23	2.809	0.7346
اسید ایزووالریک Isovaleric (ppm)	34.99	41.90	38.01	35.81	46.19	3.404	0.8194
کل اسیدهای چرب T-VFA (ppm)	590.62	565.99	595.32	562.17	596.33	25.66	0.9837
اسیدیته pH	6.23	6.52	6.46	6.32	6.45	0.076	0.7414
نیتروژن آمونیاکی NH_3-N (mg/dl)	13.09	12.82	12.96	12.81	12.88	0.076	0.7631

[۱] میانگین‌هایی که در هر ردیف با حروف لاتین متفاوت نشان داده شده است، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۲] تیمار ۱) شاهد (فاقد روی)، تیمار ۲) حاوی روی متیونین، تیمار ۳) حاوی روی گلایسین، تیمار ۴) حاوی اکسید روی و تیمار ۵) حاوی سولفات روی.

[۳] SEM: خطای استاندارد میانگین.

[1] The averages shown in different Latin letters in each row indicate statistically significant differences (P<0.05).

[2] Treatment 1) control, treatment 2) zinc methionine, treatment 3) zinc glycine, treatment 4) zinc oxide and treatment 5) zinc sulfate.

[3] SEM: Standard error of the mean.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که جیره پایه از لحاظ روی (۱۹/۳۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم ماده خشک) کمبود داشته و استفاده از مکمل‌های روی به‌مقدار ۳۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم، سبب بهبود عملکرد رشد و قابلیت هضم برخی از مواد مغذی و افزایش غلظت روی و گلوکز سرم در بره‌های پرواری آمیخته زل شده است، امّا تأثیری بر فراسنجه‌های شکمبه‌ای نداشته است. همچنین از نظر نوع منبع (آلی و معدنی)، مکمل‌های آلی روی (روی متیونین و روی گلایسین) نسبت به مکمل‌های معدنی روی (سولفات روی و اکسید روی) در صفات اندازه‌گیری شده، بازده بهتری داشتند.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم دانشکده علوم دامی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت فراهم نمودن شرایط و امکانات لازم برای انجام این پژوهش و همچنین از شرکت مرکا (ساری، ایران) جهت تأمین مکمل‌های مواد معدنی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Abdelnour, S.A., Alagawany, M., Hashem, N.M., Farag, M.R., Alghamdi, E.S., Hassan, F.U., Bilal, R.M., Elnesr, S.S., Dawood, M.A., Nagadi, S.A. and Elwan, H.A., 2021. Nanominerals: fabrication methods, benefits

and hazards, and their applications in ruminants with special reference to selenium and zinc nanoparticles. *Animals*, *11*(7), p.1916. https://doi.org/10.3390/ani11071916.

2. Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, A., Farahavar, A., & Dezfoulian, A. H. (2015). Effect of zinc source on hematological, metabolic parameters and mineral balance in lambs. *Biological Trace Element Research*, *168*, 82-90. https://doi.org/10.1007/s12011-015-0345-0.
3. Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bruckmaier, R. M., & Christensen, R. G. (2019). Effect of different sources of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility, and antioxidant enzyme activities in lambs. *Biological Trace Element Research*, *189*, 75-84. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1448-1.
4. Angeles-Hernandez, J. C., Miranda, M., Muñoz-Benitez, A. L., Vieyra-Alberto, R., Morales-Aguilar, N., Paz, E. A., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2021). Zinc supplementation improves growth performance in small ruminants: A systematic review and meta-regression analysis. *Animal Production Science*, 61(7), 621-629. https://doi.org/10.1071/AN20628.
5. AOAC (2002) Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
6. Arelovich, H. M., Owens, F. N., Horn, G. W., & Vizcarra, J. A. (2000). Effects of supplemental zinc and manganese on ruminal fermentation, forage intake, and digestion by cattle fed prairie hay and urea. *Journal of Animal Science*, *78*(11), 2972-2979. https://doi.org/10.2527/2000.78112972x.
7. Carmichael-Wyatt, R. N., Genther-Schroeder, O. N., & Hansen, S. L. (2020). The influence of dietary energy and zinc source and concentration on performance, trace mineral status, and gene expression of beef steers. *Translational Animal Science*, *4*(4), txaa207. https://doi.org/10.1093/tas/txaa207.
8. Celi, P., Verlhac, V., Calvo, E. P., Schmeisser, J., & Kluenter, A. M. (2019). Biomarkers of gastrointestinal functionality in animal nutrition and health. *Animal Feed Science and Technology*, *250*, 9-31. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.012.
9. Dehghan, M., Esmailipour, O,. & Barazandeh, A. (2018). Effect of zinc-methionine supplementation on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of fattening lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *20*(3), 411-424. (in persian).
10. Garg, A. K., Mudgal, V., & Dass, R. S. (2008). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, *144*(1-2), 82-96. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.003.
11. Grešáková, Ľ., Tokarčíková, K., & Čobanová, K. (2021). Bioavailability of dietary zinc sources and their effect on mineral and antioxidant status in lambs. *Agriculture*, *11*(11), 1093. https://doi.org/10.3390/agriculture11111093.
12. Ianni, A., Innosa, D., Martino, C., Grotta, L., Bennato, F., & Martino, G. (2019). Zinc supplementation of Friesian cows: Effect on chemical-nutritional composition and aromatic profile of dairy products. *Journal of Dairy Science*, *102*(4), 2918-2927. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15868.
13. Jia, W., Zhu, X., Zhang, W., Cheng, J., Guo, C., & Jia, Z. (2009). Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in Cashmere goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *22*(12), 1648-1653. https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80649.
14. Mallaki, M., Norouzian, M. A., & Khadem, A. A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization, and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *39*(1), 75-80. https://doi.org/10.3906/vet-1405-79.
15. Mandal, G. P., Dass, R. S., Isore, D. P., Garg, A. K., & Ram, G. C. (2007). Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (Bos indicus× Bos taurus) bulls. *Animal Feed Science and Technology*, *138*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.014.
16. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2010) Animal nutrition. 7th ed. Longman Scientific and Technical, New York, USA. 692 pp.
17. Mir, S. H., Mani, V., Pal, R. P., Malik, T. A., & Sharma, H. (2020). Zinc in ruminants: metabolism and homeostasis. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *90*, 9-19. https://doi.org/10.1007/s40011-018-1048-z.
18. Mousaie, A. (2019). Dietary organic and inorganic zinc supplements in Kermani male lambs: Impacts on serum minerals, antioxidant status and some blood parameters. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *11*(3), 319-329. (in Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/ijasr.v11i3.68647.
19. Nishito, Y., & Kambe, T. (2019). Zinc transporter 1 (ZNT1) expression on the cell surface is elaborately controlled by cellular zinc levels. *Journal of Biological Chemistry*, *294*(43), 15686-15697. https://doi.org/10.1074/jbc.RA119.010227.
20. NooriyanSoroor, M. E., Kazemi, S., Moeini, M. M., & Nikousefat, Z., (2019). The effect of organic and inorganic supplements of zinc on growth parameters, carcass characteristics and serum Sanjabi lambs. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *31*(121), 77-90. (in Persian).

21. NRC (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press, Washington, DC. USA.
22. Ottenstein, D. M., & Bartley, D. A. (1971). Separation of free acids C_2–C_5 in dilute aqueous solution column technology. *Journal of Chromatographic Science*, *9*(11), 673-681. https://doi.org/10.1093/chromsci/9.11.673.
23. Pi, Z. K., Wu, Y. M., & Liu, J. X. (2005). Effect of pretreatment and pelletization on nutritive value of rice straw-based total mixed ration, and growth performance and meat quality of growing Boer goats fed on TMR. *Small Ruminant Research*, *56*(1-3), 81-88. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.02.010.
24. Rezazadeh Zavoshti, F., Asri Rezaei, S., Sioofy-Khojine, A. B., & Heidary, A. A. (2012). Correlation of zinc and copper values in the blood serum of Makuii sheep. *Comparative Clinical Pathology*, *21*, 1263-1267. https://doi.org/10.1007/s00580-011-1276-6.
25. Soufi, B., Alijoo, Y. A., Khamisabadi, H., & Khoobbakht, Z. (2022). The effect of inorganic, organic and nano-zinc sources on growth performance, blood parameters and antioxidant activity of Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research*, *9*(4), 19-32. https://doi.org/10.22069/ejrr.2021.18983.1786.
26. Spears, J. W., Schlegel, P., Seal, M. C., & Lloyd, K. E. (2004). Bioavailability of zinc from zinc sulfate and different organic zinc sources and their effects on ruminal volatile fatty acid proportions. *Livestock Production Science*, *90*(2-3), 211-217. https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.05.001.
27. Suttle, N. F. (2010) Mineral Nutrition of Livestock. 4th ed. CABI, Wallingford, Oxford shire, UK. pp 579.
28. Swain, P. S., Rao, S. B., Rajendran, D., Dominic, G., & Selvaraju, S. (2016). Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*, *2*(3), 134-141. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.06.003.
29. Van Keulen, J. Y. B. A., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, *44*(2), 282-287. https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x.
30. Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
31. Wang, R. L., Liang, J. G., Lu, L., Zhang, L. Y., Li, S. F., & Luo, X. G. (2013). Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. *Biological Trace Element Research*, *152*, 16-24. https://doi.org/10.1007/s12011-012-9585-4.
32. Zhao, C. Y., Tan, S. X., Xiao, X. Y., Qiu, X. S., Pan, J. Q., & Tang, Z. X. (2014). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biological Trace Element Research*, *160*, 361-367. https://doi.org/10.1007/s12011-014-0052-2.